DER TALOCRURALE WINKEL

Ein Beitrag zur Standardisierung

von

Werner Gudat

1982

Diss. Düsseldorf

(illegible)
(illegible)
(illegible)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538102_0045

Aus der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. med. K.-P. Schulitz

DER TALOCRURALE WINKEL
Ein Beitrag zur Standardisierung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Werner Gudat

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Arnold

Referent
gez.: Prof. Dr. Krämer

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Günther

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	2
II.	Grundlagen zum Thema:	3
	A. Anatomie und Biomechanik des oberen Sprunggelenks	3
	B. Röntgenaufnahmen des Talocruralgelenks	6
III.	Literatur	9
IV.	Eigene Untersuchungen	14
	A. Untersuchungsgut	14
	B. Untersuchungsmethode	15
	C. Ergebnisse	19
	D. Diskussion	34
V.	Zusammenfassung	38
VI.	Literaturverzeichnis	39
	Dank an den Referenten	
	Lebenslauf	

I. EINLEITUNG

Das Talocruralgelenk ist eines der am meisten beanspruchten Gelenke des menschlichen Körpers. Deshalb nehmen Verletzungen und Veränderungen im oberen Sprunggelenk in der orthopädischen Praxis eine dominante Rolle ein. In einer Vielzahl von Fällen bleibt eine Bewegungseinschränkung in diesem Gelenk zurück, deren Ausmaß nicht nur bei der Erstellung von Gutachten von Interesse ist.

Aber trotzdem ist bis zum heutigen Tage die Messung der Bewegung in diesem Gelenk noch nicht klar umrissen. Alle Versuche, Dorsalextension und Plantarflexion zu bestimmen, haben den einen Nachteil, daß sie sich auf Punkte beziehen, die nicht unmittelbar am Gelenk beteiligt sind, so vor allem die Fußsohle oder weitere Hilfslinien, die durch andere Fußknochen bestimmt sind.

Der Talocrurale Winkel (TCW) ist ein neuer Winkel, der die Bewegung im Talocruralgelenk rein auf Punkte des Gelenkes selbst, d.h. Tibia und Talus, bezogen darstellt. Mit dieser Arbeit wird eine Standardisierung dieses Winkels angestrebt.

II. GRUNDLAGEN

A. Anatomie und Biomechanik des Talocruralgelenks

Das obere Sprunggelenk stellt die Verbindung zwischen den Unterschenkelknochen und dem Talus dar.
Die distalen Enden der Tibia als Malleolus medialis und der Fibula als Malleolus lateralis umgreifen die Trochlea tali wie eine Klammer. Dabei ist der Talus seitlich außen mit dem Malleolus fibularis, proximal mit dem distalen Ende der Tibia, dem sog. Gabeldach, medial mit dem Malleolus tibialis gelenkig verbunden. Außerdem besteht noch eine gelenkige Verbindung zwischen dem Caput fibulae und dem Condylus lateralis der Tibia. Beide Unterschenkelknochen sind durch die Membrana interossea miteinander verbunden, die zusätzlich durch die Ligg. tibiofibulare ant. und post. gesichert ist, die die gleiche Streichrichtung wie die Membrana interossea haben.

Die Gelenkkapsel entspringt vom Umfang der Gelenkränder und greift nur vorn ein Stück weit auf den Talushals über. Die Malleolen bleiben außerhalb des Gelenks. Ventral und dorsal ist die Gelenkkapsel schlaff; die Sehnenscheiden der Extensoren sind mit der Vorderwand verlötet und bewahren sie vor dem Einklemmen. Die seitliche Fixierung des Gelenks geschieht durch fächerförmige Bänder, die von der Spitze der Knöchel ausstrahlen und auf den Talus oder Calcaneus treffen. Medial werden die Faserzüge in ihrer Gesamtheit als Lig. deltoideum bezeichnet, bestehend aus drei Teilen: der Pars tibiotalaris, der Pars tibionavicularis und der Pars tibiocalcanearis. Das laterale Seitenband zerfällt deutlich in getrennte Züge, wobei die Einzelbänder nach den verbundenen

Knochen benannt werden: Lig. talofibulare ant. und post., Lig. calcaneofibulare. Das Lig. talofibulare post. liegt unter der Gelenkkapsel. Der Malleolus fibularis reicht mit seiner Spitze bis zur Talusachse, daher sind bei allen Bewegungen die Bänder gespannt. Der Malleolus tibialis reicht nicht so weit herab, so daß bei Plantarflexion nur die vorderen, bei Dorsalextension nur die hinteren Seitenbänder gespannt sind.

Das obere Sprunggelenk ist ein reines Scharniergelenk. Bewegungen werden in einer horizontalen Achse ausgeführt, die durch beide Malleolen verläuft. In diesem Scharnier erfolgt das Heben und Senken der Fußspitze. Will man diese Bewegungen als Beugung und Streckung bezeichnen, ist Dorsalextension und Plantarflexion eine Benennung, die auch Rücksicht auf die Nomenklatur der entsprechenden Muskeln nimmt. Die Bezeichnung Dorsalflexion ist als veraltet zu betrachten.

Bei der Dorsalextension kommt es durch die Ventralverbreiterung der Trochlea tali zu einem Auseinanderweichen der tibiofibularen Syndesmosis um etwa 2 - 3 Millimeter. Die vorderen Bänder sind gespannt, der Fuß ist fest fixiert. Bei dieser Fußstellung ist mithin der Gelenkschluß am festesten, die Sicherheit für das Abstoßen des Körpers beim Gehen am größten. Auch die Hockstellung, z.B. beim Skifahren, sichert die Festigkeit der Gelenke.

Bei Plantarflexion federt die Fibula in ihre Ruhelage zurück und sind durch die dorsale Verschmälerung der Trochlea geringe Wackelbewegungen möglich, da der Talus locker in der Gabel sitzt. Der vordere Teil der Talusrolle ist in vivo tastbar, da er aus der Knochengabel hervortritt. In dieser Stellung

springt der Mensch normalerweise auf, weil der Stoß durch die Spannung der Muskulatur elastisch federnd abgefangen werden kann.

Das obere Sprunggelenk wird ständig beim Gehen gebraucht. Nach BENNINGHOFF(1975)ist aus der Normalstellung, in der der Fuß mit dem Unterschenkel einen rechten Winkel bildet, eine aktive Hebung um etwa 20° und eine Senkung um 30° möglich.

Wird der Fuß im oberen Sprunggelenk in maximaler Dorsalextension fixiert, so spricht man von einem Pes calcaneus. Die Fixationsstellung bei maximaler Plantarflexion nennt man Spitzfuß, Pes equinus.

Abb. 1 Das Skelett des Fußes
eingezeichnet der TCW zwischen Talus und Tibia

B. Röntgenaufnahmen des Talocruralgelenks

Das Talocruralgelenk wird aufgenommen:

1. sagittal: anteroposterior (ap)

Diese Einstellung wird zur Darstellung von Fußgelenk, Knöchel und Talus benutzt.

HAFNER/MEULI (1976) empfehlen für die ap-Aufnahme eine Innenrotation um 20°, um die physiologische Tibiaaußenkreiselung zu kompensieren (Abb. 2).

FÜRMAIER (1953) empfiehlt eine Innenrotation um 5°.

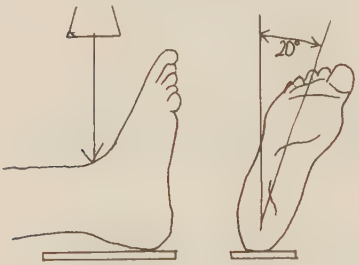

Abb. 2
nach HAFNER/MEULI:
Röntgenuntersuchung
in der Orthopädie

2. transversal - seitlich

a) fibulotibial

Diese Einstellung wird zur Darstellung des inneren Knöchels, des Talocruralgelenks und der Fußwurzel benutzt.

b) tibiofibular

Diese Einstellung wird zur Darstellung des Fußgelenkes, auch der Fußwurzel und vor allem des äußeren Knöchels benutzt.

Die Röntgenbilder zu a) und b) unterscheiden sich wenig, nur die der Kassette aufliegenden Teile, bei der Einstellung a) innerer Knöchel und Os naviculare, bilden sich schärfer ab (GRASHEY/BIRKNER 1964).

HAFNER/MEULI (1976) beschreiben für die transversale Strahlenrichtung nur die tibiofibulare Aufnahme, d.h. Malleolus lateralis auf der Kassette.

Diese Einstellung hat sich für den Routinebetrieb als vollauf genügend erwiesen (Abb. 3).

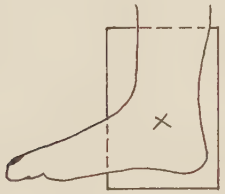

Abb. 3
nach HAFNER/MEULI:
Röntgenuntersuchung
in der Orthopädie

Für die tibiofibulare Aufnahme empfehlen HAFNER/MEULI (1976) eine Innenrotation der Fußspitze, bis die Malleolen sich übereinander projizieren.

GRASHEY und BIRKNER (1964, 1977) schlagen vor, den Calcaneus bzw. den Unterschenkel zu unterlegen, damit das Fußgelenk ruhig und gut aufliegt.

FÜRMAIER (1953) empfiehlt eine Einwärtsdrehung des Fußes um 5° - 10° durch leichtes Anheben der Fußspitze.

Auf Schrägaufnahmen kommen am besten intraartikuläre Frakturen zum Ausdruck.

Gehaltene Aufnahmen des oberen Sprunggelenks in forcierter Supination - Inversion werden zur Diagnostik

von Bandläsionen herangezogen; hierbei ist natürlich auch die fibulotibiale Strahlenrichtung von Interesse.

Für jede Gelenkaufnahme soll die Stellung des Gelenks in der Regel rechtwinklig sein. Dabei wird der Strahl in der Mitte des Gelenkspaltes eingestellt.

III. LITERATUR ZUM THEMA

Die Bewegungsfähigkeit im oberen Sprunggelenk hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab: die Elastizität der lateralen Bänder, die Länge der Achillessehne, entzündliche und arthrotische Veränderungen, Frakturen, lange Immobilisation und der Trainingszustand, um nur die wesentlichen Einflüsse zu nennen.

Jede Einschränkung der Bewegungsfähigkeit, aber auch zu große Bewegungsausschläge können Anlaß zur Funktionsprüfung des oberen Sprunggelenks geben.

Über genaue Meßmethoden für die Bewegungs- und damit Funktionsprüfung im oberen Sprunggelenk lassen sich in der Literatur nur wenige Stellen finden. Und diese Stellen lassen sich auf ein einziges Grundprinzip zurückführen.

Für jede Gelenkmessung müssen nach Möglichkeit eindeutig gekennzeichnete Körperstellen als Bezugspunkte gewählt werden.
Für das Talocruralgelenk sind dies nach DEBRUNNER (1978) Malleolus lateralis und medialis, vordere Tibiakante, im Bereich des Fußes die Calcaneusachse oder der laterale Fußrand, Os metatarsale V, Taluskopf und Os naviculare.

Grundlage der Gelenkmessung ist die Neutral-Null-Methode, die von einer Kommission unter maßgeblicher Beteiligung von MAU und DEBRUNNER festgelegt worden ist.
Bei der Messung nach dieser Methode werden die Bewegungen von der als "anatomische Normalstellung" bezeichneten Neutral- oder Nullstellung aus gemessen, d.h. aufrecht stehend, mit hängenden Armen, nach vorne gerichtetem Daumen, geschlossen und pa-

rallel gehaltenen Füßen, Blick nach vorn gerichtet.

Speziell für den Fuß wurde festgelegt, einen rechten Winkel zwischen Sohlenauftritt und Schienbein als Neutral-Null gelten zu lassen (Abb. 4).

Die aus dieser Stellung heraus möglichen Maximalbewegungen lassen sich anatomisch durch Zehen- und Hackengang charakterisieren.
Der Zehengang zeigt an, daß freie Beugefähigkeit bei regulärer Kraft der Wadenmuskulatur vorhanden ist.
Die Schritte im Hackengang zeigen eine mehr oder weniger freie Dorsalextension im Talocruralgelenk und intakte Fußheber.

Für die Prüfung der Plantarflexion und Dorsalextension ergeben sich bisher zwei Möglichkeiten.

a) Maximale Beugung bzw. Streckung des Unterschenkels bei aufgestelltem Fuß

Dabei kann an der virtuellen Längsachse des Unterschenkels der Bewegungsausschlag gegen die Standebene gemessen werden (Abb. 5, Abb. 6).

b) Prüfung am freihängenden Fuß

Die Flexions- bzw. Extensionsbewegung ist hierbei aber nicht nur auf das Talocruralgelenk beschränkt, ebenso ist die Chopartsche und Lisfrancsche Gelenklinie beteiligt. Sie kann klinisch nach DEBRUNNER (1978) nur an der Calcaneusachse gemessen werden (Abb. 7, Abb. 8, Abb. 9).

Von RUSSE und Mitarbeitern (1975) ist der Winkel durch folgende Schenkel festgelegt worden.

1. Linie parallel zur seitlichen Mittellinie der Fibula

2. seitliche Mittellinie des fünften Mittelfußknochens

Die Gelenkbeweglichkeit wird ebenfalls am freihängenden Fuß beurteilt.

Bei DEBRUNNER (1978) ist eine Extension von 30°, eine Flexion von 50° bei aufgestelltem Fuß. bei freihängendem Fuß von 20° - 30° und 40° - 50° möglich.

Die Maximalwerte Bei RUSSE (1975) betragen für die Extension 20° und die Flexion 50°.
Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte.

Die Extension wird immer zuerst, die Flexion zuletzt vermerkt. So lautet die Notierung bei der Neutral-Null-Methode: S 20 - 0 - 50.
Das S bedeutet, daß es sich um eine Bewegung in der Sagittalebene handelt.

Neben den Vorteilen des mäßigen Absatzes, die vor allem in einer Gewölbeabstützung bestehen (RABL 1975), zeigt vor allem der zu hohe Absatz Nachteile. Er schafft einen künstlichen Spitzfuß, die Bewegungen im oberen Sprunggelenk werden eingeschränkt, die Schrittlänge verkürzt (RABL 1975). Das normale Muskelspiel wird durch die Verkürzung des Musculus triceps surae gestört und die Körperlast in der Articulatio talocruralis nicht mehr gleichmäßig nach vorn und hinten verteilt. Der Schwerpunkt des Körpers wird ventralwärts verlagert (BENNINGHOFF 1975; ROMPE 1978).

Die Bewegungsfähigkeit im Skischuh ist bewußt stark eingeschränkt, um die Verletzungsgefahr so klein wie möglich zu halten. Die in der Normalstellung bestehende Hocke sichert die Festigkeit der Gelenke (BENNINGHOFF 1975). Die mögliche Dorsalextension und Plantarflexion sind auf das nötigste vermindert.

Abb. 4
Neutral-Null-Stellung

Abb. 5
maximale Dorsalextension
bei aufgestelltem Fuß

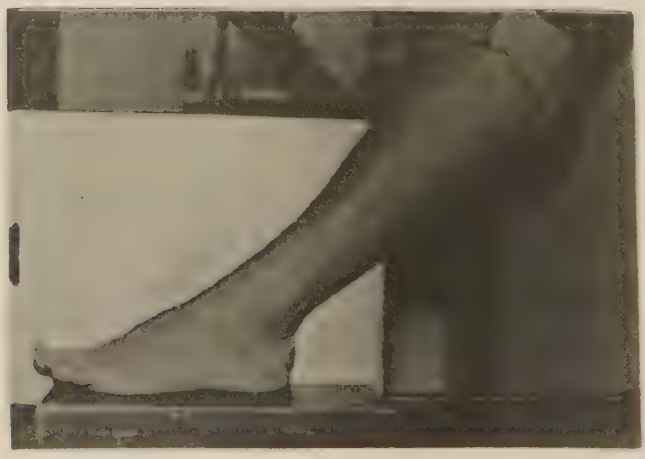

Abb. 6 maximale Plantarflexion
bei aufgestelltem Fuß

Abb. 7
Neutral-Null-
Stellung

Abb. 8
maximale
Dorsalexten-
sion

Abb. 9
maximale
Plantarfle-
xion

bei fixiertem
gendem Fuß

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. Untersuchungsgut

a) Vorversuche Leiche

An zwei Leichenfüßen wurde eine Standardisierung des zu untersuchenden Winkels vorgenommen.
Dabei handelt es sich um die Füße einer 35-jährigen Frau, die nach einem Selbstmord ums Leben gekommen ist, und eines 22-jährigen Mannes, der infolge eines Verkehrsunfalles verstarb.

b) Probanden

Die gemessenen Werte wurden an einer beliebigen Eichstichprobe der Bevölkerung kontrolliert.

Es wurden 75 Frauen und Männer auf ihre Gelenkbeweglichkeit hin getestet. Dabei handelte es sich überwiegend um Probanden bis zu einem Alter von 25 Jahren (n=47). Zur Kontrolle der Beweglichkeit bei älteren Menschen wurden in einer Altersgruppe bis 50 Jahren 16 Probanden getestet, in einer Altersgruppe, die bis zu 76 Jahren reicht, 12.

Diese Altersklassen werden im folgenden zum Teil einfach mit I (bis 25 J.), II (bis 50 J.), III (bis 76 J.) bezeichnet.

Außerdem wurden die 40 männlichen Probanden getrennt von den 35 weiblichen Probanden statistisch erfaßt. Auch innerhalb dieser Gruppen wurde altersmäßig unterschieden.

Durch diese Verteilung sollte erreicht werden, einen standardisierten Talocruralwinkel (TCW) zu ermitteln und zu bestimmen, in welchem Ausmaß er geschlechts- und altersspezifisch variiert.

Bei den Untersuchungspersonen wurde darauf Wert gelegt, daß sie sich subjektiv gesund fühlten und sich in ihrer Fußbeweglichkeit nicht behindert fühlten.

Bei je drei weiteren Personen wurde die Gelenkbeweglichkeit im Skischuh und bei Absatzerhöhung ermittelt.

Abschließend wurden als Anwendungsbeispiele des TCW zwei Gutachtenpatienten der Orthopädischen Uni-Versitätsklinik Düsseldorf herangezogen, deren Falldarstellung später behandelt wird.

B. Untersuchungsmethodik

Die Untersuchung gliedert sich in eine allgemeine Anamnese und eine röntgenologische Darstellung des Talocruralgelenks.

Bei der allgemeinen Anamnese war neben dem Geschlecht Alter, Körpergröße, Körpergewicht von Interesse.

Röntgenologisch wurde das obere Sprunggelenk in drei Fußstellungen dargestellt.

1. in "anatomischer Normalstellung", d.h. Neutral-Null-Position (Abb. 10)
2. im Spitzfußstand bzw. maximaler Plantarflexion bei aufgestelltem Fuß (Abb. 11, Abb. 12)
3. in maximaler Hocke (Ausfallstellung) (Abb. 13)

Alle Aufnahmen wurden beim stehenden Menschen ausgeführt. In der Regel wurde der linke Fuß geröntgt, nur bei vergleichenden Untersuchungen in einigen Fällen auch der rechte. Außer beim Spitzenstand lag die Fußsohle ganz auf der Standfläche auf.

Beim Leichenfuß wurde zusätzlich die Fehlerbreite des TCW bei verschiedenen Fußlagerungen untersucht, so daß weitere Aufnahmen bei Ein- und Auswärtskippung der Sohle angefertigt wurden.

Danach wurde in alle Röntgenbilder der Talocruralwinkel eingezeichnet und mit einem Standardwinkelmesser gemessen. (Abb. 1)

Bei den Folgeuntersuchungen wurden die Grundstellungen beibehalten. Im Skischuh und ebenso bei den Gutachtenpatienten wurde in Neutral- und Maximalstellungen geröntgt und bei der Auswertung wie zuvor beschrieben verfahren.

Bei der Absatzerhöhung um 2, 4, 7 cm gegenüber der Neutralstellung wurde der hierdurch geschaffene Spitzfuß gemessen.

DEFINITION: Der Talocruralwinkel ist definiert als der Winkel zwischen der Tibiaachse einerseits und der Verbindungslinie zwischen dem Tuberculum laterale des Processus post. tali und der Vorderoberkante der talonavicularen Gelenkfläche andererseits (Abb. 14, Abb. 15).

Abb. 10
Röntgenaufnahme in
Neutral-Null-Stellung

Abb. 11
Röntgenaufnahme
im Spitzfußstand

Abb. 12 Röntgenaufnahme in
maximaler Plantarflexion

Abb. 13
Röntgenaufnahme in maximaler Hocke

Abb. 14
Leichenfuß; schwarz markiert der Processus post. tali

Abb. 15 Leichenfuß; schwarz markiert die Vorderoberkante der talo-navicularen Gelenkfläche

C. Untersuchungsergebnisse

a) Untersuchungen am Leichenfuß

Es standen zwei präparierte Füße zur Verfügung.

I. Fuß einer 35-jährigen Frau (nach Selbstmord)
II. Fuß eines 22-jährigen Mannes (nach Verkehrsunfall)

Bei der röntgenologischen Untersuchung konnten folgende Bewegungsausmaße gemessen werden.

	maximale Dorsalextension	maximale Plantarflexion	Differenz
I.	58	117	59
II.	56	113	57

Diese Werte wurden in der späteren Untersuchung mit denen einer beliebigen Eichstichprobe vergleichend kontrolliert.

Da die Gelenkkapsel eröffnet werden mußte, um den Fuß im Talocruralgelenk frei bewegen zu können, kann die Neutral-Null-Stellung beim Leichenfuß vom Untersucher in Grenzen willkürlich festgelegt werden.

Um festzustellen, inwieweit der TCW bei verschiedenen Fußlagerungen variiert, wurde der Leichenfuß in verschiedenen Kippstellungen geröntgt. Dabei wurde von der tibiofibularen Aufnahmerichtung ausgegangen. Aus dieser Ruhelage heraus wurde eine Einwärts- und Auswärtskippung der Sohle um 20° und 40° vorgenommen.

	Neutral-Null-Stellung	Einwärtskippung 20	Einwärtskippung 40	Auswärtskippung 20	Auswärtskippung 40
I.	82	79	86	83	89
II.	79	81	85	78	88

(alle Zahlenangaben in Grad)

Es ergeben sich Unterschiede in einem weiten Streubereich. Die Differenz kann bei fixiertem Neutral-Null-Winkel bis zu 10° betragen.

Wird die tibiofibulare Aufnahme nach GRASHEY/BIRKNER (1964; 1977) ausgeführt, d.h. mit Unterlegung der Ferse, ergeben sich folgende Werte:

	Neutral-Null-Stellung	Einwärtskippung		Auswärtskippung	
		20	40	20	40
I.	69	69	68	72	71
II.	79	80	79	81	80

(alle Zahlenangaben in Grad)

Hierbei wird eine Veränderung nur um 4° beobachtet (Abb. 16, Abb. 17).

Abb. 16 Röntgenaufnahme des Leichenfuß I bei 20° Einwärtskippung
TCW 69°

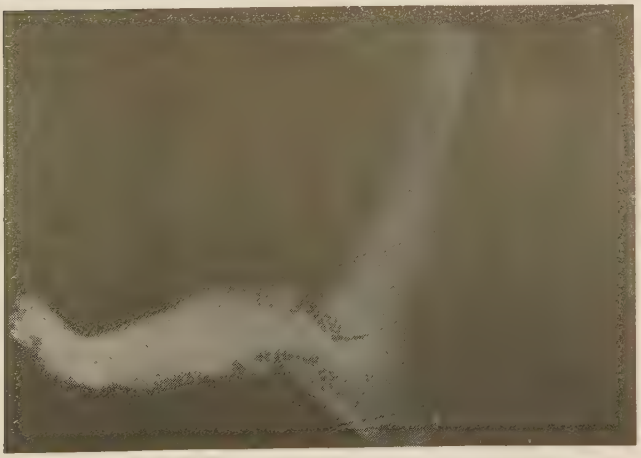

Abb. 17 Röntgenaufnahme des Leichenfuß II bei 20° Auswärtskippung
TCW 72°

b) Untersuchungen an der Probandengruppe

Die Messung an insgesamt 75 geröntgten Untersuchungspersonen machte eine statistische Auswertung möglich. Eine Ergebnisdarstellung mit Diagrammen und Tabellen war durch die Auswertung der angefertigten Bilder gegeben.

allgemeine Anamnese

Die Daten, die die allgemeine Anamnese ergaben, sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1

	Minimal-werte	Durchschnitts-werte	Maximal-werte		
Alter	19	30,2	76	Jahre	Gesamt-
Größe	152	175,9	194	cm	gruppe
Gewicht	47	69,3	91	kg	(n=75)
Alter	20	29,3	64	Jahre	weibliche
Größe	152	168,6	182	cm	Probanden
Gewicht	47	62,1	77	kg	(n=35)
Alter	19	31	76	Jahre	männliche
Größe	170	182,5	194	cm	Probanden
Gewicht	60	75,4	91	kg	(n=40)

n = Anzahl der Personen

Röntgendarstellung des oberen Sprunggelenks

Der durchschnittliche TCW in der Neutral-Null-Stellung beträgt 78,5° bei einer Standardabweichung von 4,5° (Abb. 18, Tabelle 2). Die durchschnittliche maximale Dorsalextension beträgt 54,3° ± 6,2° (Abb. 19, Tabelle 2). Bei maximaler Plantarflexion beträgt der TCW 115,8° ± 6,1° (Abb. 20, Tabelle 2). Die durchschnittliche Differenz der Maximalstellungen beträgt 61,2° bei einer Standardabweichung von 9,5° (Abb. 21, Tabelle 2). Die relativ große Standardabweichung ist durch die Summation der anderen kleineren Fehlerbreiten zu erklären.

Das entspricht, auf die Neutral-Null-Schreibweise übertragen, einer Dorsalextension von 24° und einer Plantarflexion von 37°: S 24 - 0 - 37

Bei den weiteren Ergebnissen sind die Standardabweichungen nicht mehr im einzelnen im Text erwähnt. Sie können aber aus den zugehörigen Tabellen ersehen werden.

Die Aufschlüsselung der gemessenen Werte nach Geschlechtern gibt ein differenzierteres Bild. Während sich der TCW in Neutral-Null-Stellung nahezu gleich groß darstellt, zeigen sich in den Maximalstellungen Abweichungen. Während die maximale Dorsalextension bei den Männern 55,2° beträgt, liegt der Wert für die Frauen bei 53,3°. Ebenso ist die durchschnittliche maximale Plantarflexion bei den weiblichen Personen mit 117,8° um 3,8° größer als bei den männlichen Personen. Folglich ist auch das durchschnittliche Bewegungsausmaß zwischen den Maximalstellungen mit 63,9° bei den Frauen um 5,1° höher als bei den Männern (Tabelle 2).

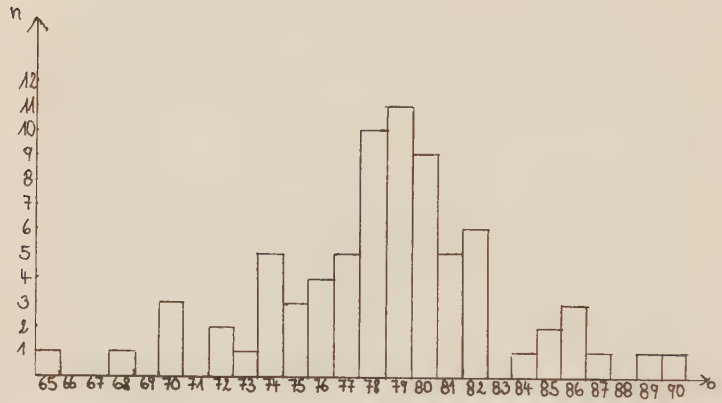

Abb. 18 Verteilung der TCW-Werte in der Neutral-Null-Stellung

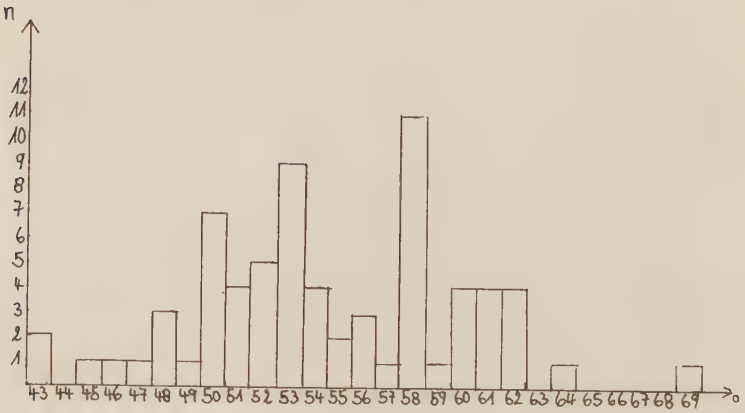

Abb 19 Verteilung der TCW-Werte in maximaler Dorsalextension

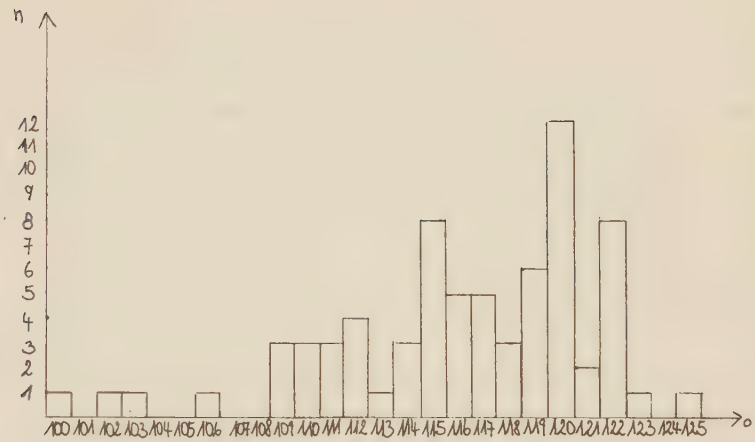

Abb. 20 Verteilung der TCW- Werte in max. Plantarflexion

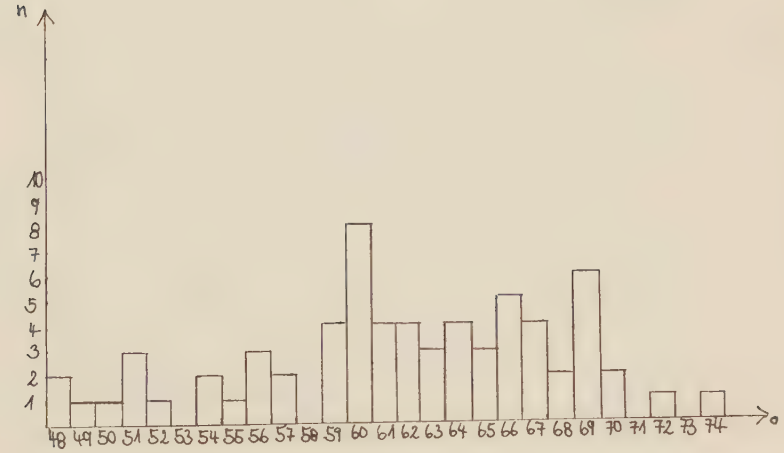

Abb. 21 Verteilung der TCW-Werte für die Differenz der Maximalstellungen

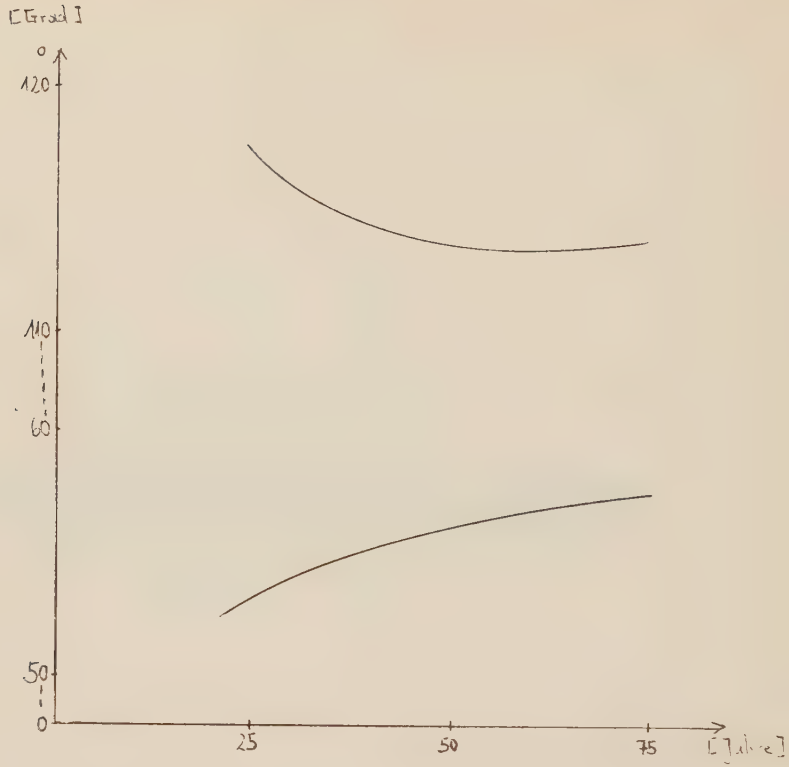

Abb. 22 Bewegungsausmaße in den verschiedenen Altersklassen

Die Unterteilung der Ergebnisse nach dem Alter zeigt folgendes Bild (Tabelle 3).
Während in der Neutral-Null-Stellung der TCW mit kleinen Schwankungen gleich bleibt, ergeben sich für das maximal mögliche Bewegungsausmaß zwischen den Extremstellungen deutliche Unterschiede (Abb. 21). Der in der Altersgruppe bis zu 25 Jahren mögliche Bewegungsumfang von 64,1° vermindert sich in den Altersklassen II und III auf 56,9° bzw. 55,8°. Diese Verminderung läßt sich vor allem auf eine eingeschränkte Plantarflexion zurückführen.

Werden die Ergebnisse in der Altersverteilung zusätzlich getrennt für die weibliche und männliche Untersuchungsgruppe betrachtet, ergeben sich folgende Tendenzen (Tabelle 4).
Während in Neutral-Null-Stellung nur ein minimaler Unterschied zwischen den Geschlechtern auftritt, in der Altersgruppe I z.B. 77,5° bei Männern und 77,4° bei Frauen, zeigen sich wiederum bei den maximal möglichen Bewegungen im Gelenk Unterschiede.

So nimmt bei den Männern der Bewegungsumfang von 61,6° für die Altersklasse I über 56,2° für die Klasse II auf 53,4° für die Altersklasse III ab. Diese Verminderung geht in erster Linie auf das verminderte Ausmaß der Dorsalextension zurück.

Bei Betrachtung der Werte für die Frauen zeigt sich ein ähnlicher Abfall. In der Altersklasse III fällt eine sehr große Dorsalextension auf, auf die später noch eingegangen werden soll. Die maximale Plantarflexion nimmt mit dem Alter parallel ab.

Tabelle 2

	weibliche Probanden	männliche Probanden	Gesamt gruppe
Neutral-Null-Stellung	78,4	78,6	78,5
σ	5,1	4,0	4,5
max. Dorsal-extension	53,3	55,2	54,3
σ	7,2	5,1	,?
max. Plantar-flexion	117,8	114,0	115,8
σ	4,6	6,7	6,1
Differenz der Max.stellungen	63,9	58,8	61,2
σ	9,1	9,3	9,5

(alle Zahlenangaben in Grad)

σ = Standardabweichung

Der TCW in der Gesamtgruppe und nach Geschlechtern differenziert

Tabelle 3

	Altersklassen I	II	III
Neutral-Null-Stellung	77,4	79,9	80,8
σ	4,8	3,1	3,6
max. Dorsal-extension	53,2	56,1	56,3
σ	5,5	3,9	9,5
max. Plantar-flexion	117,2	112,9	113,8
σ	5,7	5,2	7,1
Differenz der Max.stellungen	64,1	56,9	55,
σ	8,7	7,1	11,0

(alle Zahlenangaben in Grad)

Der TCW in der Altersverteilung der Gesamtgruppe (Anzahl n: I = 47, II = 16, III = 12)

Tabelle 4

a)

	Altersklassen I	II	III
Neutral-Null-Stellung	77,4	80,3	80,6
σ	5,4	2,6	4,2
max. Dorsalextension	52,7	58,0	50,4
σ	6,5	2,8	10,9
max. Plantarflexion	119,1	116,0	113,6
σ	3,9	3,7	5,5
Differenz der Max.stellungen	66,4	58,0	59,2
σ	8,7	5,8	8,9

Der TCW in der Altersverteilung für die weibliche Untersuchungsgruppe
(Anzahl n: I = 24, II = 6, III = 5)

b)

	Altersklassen I	II	III
Neutral-Null-Stellung	77,5	79,6	81,0
σ	4,0	3,3	3,0
max. Dorsalextension	53,7	54,9	60,6
σ	4,3	4,1	5,2
max. Plantarflexion	115,3	111,1	114,0
σ	6,5	5,2	8,0
Differenz der Max.stellungen	61,6	56,2	53,4
σ	7,9	7,6	11,7

Der TCW in der Altersverteilung für die männliche Untersuchungsgruppe
(Anzahl n: I = 23, II = 10, III = 7)

(alle Zahlenangaben in Grad)

Tabelle 5

maximale Plantarflexionsstellungen (n=6)

	bei aufgesetzter Fußsohle	bei Spitzfuß
TCW	120,0	120,5
σ	3,6	1,9

Tabelle 6

Bewegungsumfang im Skischuh (n=3)

	Neutral-Null-Stellung	max. Dorsalextension	max. Plantarflexion	Differenz der Max.stellungen
TCW	71,7	53,3	84,3	32,0
σ	2,9	5,2	4,2	5,4

Tabelle 7

Der TCW bei Absatzerhöhung um (n=3)

	0	2	4	7	cm
TCW	80,0	87,0	93,3	105,7	
σ	1,4	0,8	1,7	0,5	

(alle Zahlenangaben in Grad)

Bei der Differenzierung der maximalen Plantarflexionsstellungen im Spitzfußstand und bei aufgesetzter Fußsohle ergab sich kein nennenswerter Unterschied. In einer Stichprobe von 6 Probanden, deren Füße in beiden Maximalstellungen geröntgt wurden, ergab sich für den TCW eine Differenz von lediglich 0,5° (Tabelle 5).

Bei Anwendung des TCW für die Bewegungsprüfung im Skischuh ergab sich für den normalen Stand ein Winkel von 71,7°. Es liegt also eine leichte Dorsalextension vor. Der Bewegungsumfang im Skischuh ist auf 32° beschränkt (Tabelle 6).

Die Messung des TCW bei Absatzerhöhung, die einer Plantarflexion gleichkommt, ergab für eine Absatzhöhe von 7 cm eine Vergrößerung des Winkels um 25,7°. Dies kommt einer Winkelvergrößerung um 3,7° pro cm Absatz gleich. Bei den ermittelten Werten ist die äußerst geringe Standardabweichung zu beachten (Tabelle 7).

Anwendungsbeispiele aus der orthopädischen Praxis

Um die Anwendung des TCW anschaulicher darzulegen, seien an dieser Stelle 2 Gutachtenpatienten der Orthopädischen Universitätsklinik Düsseldorf näher beschrieben.

1. Herr W. V. ist 56 Jahre alt. Bei der Palpation wird die Gegend des oberen Sprunggelenks rechts in allen Bereichen als druck- und klopfempfindlich angegeben. Die aktiven und passiven Bewegungen sind rechts gegenüber links eingeschränkt. Die Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode betragen

rechts 15 - 0 - 20 links 30 - 0 - 45

Unter Zuhilfenahme der Funktionsaufnahmen beträgt bei maximaler Dorsalextension der TCW rechts 78°, links 72°, bei maximaler Plantarflexion rechts 86°, links 98°. (Abb. 23, Abb. 24)

Es handelt sich um eine Arthrosis deformans im rechten oberen Sprunggelenk nach knöchern ausgeheilter Außenknöchelfraktur Typ A.

2. Frau H. R. ist 68 Jahre alt. Bei ihr handelt es sich um einen in achsengerechter Stellung knöchern verheilten Außenknöchelbruch vom Typ Weber C links. Der Zustand nach Osteosynthese geht mit einer klinisch feststellbaren endgradigen Bewegungseinschränkung im oberen und unteren Sprunggelenk einher.

Die Funktionsaufnahmen des Talocruralgelenks zeigen eine geringe Einschränkung der Beweglichkeit links im Vergleich zu rechts (Abb. 25, Abb. 26).

	rechts	links
Dorsalextension	75°	71°
Plantarflexion	115°	119°

Abb. 23, Abb. 24 Patient W.V. max. Plantarflexion
rechts 86 , links 98

Abb. 25, Abb. 26 Patientin H.K. max. Dorsalextension
rechts 75 , links 71

D. Diskussion

Um die Bewegung im oberen Sprunggelenk messen zu können, mußten bisher andere Fußknochen und Hilfslinien herangezogen werden. Mittels des Talocruralen Winkels ist es nun möglich, Funktionsaufnahmen des Talocruralgelenks zu erstellen und objektiv auszuwerten. Dabei sind Tibia und Talus die Bezugspunkte des TCW.

Bei der Größe der Untersuchungsgruppe von 75 Personen dürfte eine ausreichende Basis für eine Standardisierung des Winkels erreicht worden sein.

Hauptaspekte der Untersuchung waren Geschlecht und Alter der Probandengruppe.

Es soll nicht Aufgabe der Arbeit sein, den TCW in allen Altersschichten systematisch und vollständig zu erfassen. Vielmehr sollen durch die Hinzunahme von vergleichenden Werten in den älteren Altersschichten Tendenzen für eine Änderung des TCW aufgezeigt werden, deren Ursachen und Ausmaße in späteren Untersuchungen eingehend dargestellt werden können. Die ermittelte Bewegungseinschränkung mit höherem Lebensalter kann unter anderem auf arthrotischen Veränderungen oder einem Elastizitätsverlust der Gelenkbänder beruhen.

Für die Altersverteilung sei noch auf folgendes hingewiesen. Da die Altersklassen II und III zahlenmäßig weniger Probanden enthalten, ist die statistische Auswertung der gemessenen TCW erschwert. Große Abweichungen von der Norm schlagen sich vor allem in der Standardabweichung als Indikator nieder und können auch die Durchschnittswerte beeinflussen.

Betrachtet man die Ergebnisse im einzelnen, so läßt sich folgendes festhalten:

Die weiblichen Probanden zeigten ein durchschnittlich 5,1° größeres Bewegungsausmaß zwischen den Maximalstellungen. Während im neutralen Stand die Werte fast identisch sind, ist dies sowohl auf eine größere Dorsalextension als auch eine größere Plantarflexion zurückführen.

Weitere Aufschlüsse liefert die Altersdifferenzierung. Die für die Altersklasse II natürliche Bewegungseinschränkung gegenüber den jüngeren Personen setzt sich in der Klasse III nicht fort. Zwischen den Werten für die Probanden dieser beiden Altersgruppen zeigen sich nur minimale Unterschiede. Während die Dorsalextension nur äußerst gering variiert, zeigt die Altersklasse III sogar eine um 0,9 bessere Plantarflexion (Abb. 23). Der Trainingszustand des einzelnen Gelenks scheint gerade bei älteren Menschen eine wesentliche Rolle für die Beweglichkeit zu spielen.

In jeder Altersgruppe ist der Bewegungsumfang bei Frauen größer als bei gleichaltrigen Männern. Während dies in den Altersklassen I und II eindeutig auf die größere Plantarflexion zurückzuführen ist, ist in der Altersklasse III die größere Dorsalextension entscheidend. Die Vermutung liegt nahe, daß für die größere Beweglichkeit auch konstitutionelle Gründe verantwortlich sind.

Für die Ermittlung der maximalen Plantarflexion stehen zwei Fußstellungen zur Verfügung. Erstens die im DEBRUNNER beschriebene bei aufgestelltem Fuß und zweitens der Spitzfußstand. Die bei Probanden, die in beiden Fußstellungen geröntgt wur-

den, ermittelten Werte differieren nur um 0,5°.
Für die Praxis dürfte aber der Spitzfußstand von größerem Interesse sein, da er nach übereinstimmender Meinung vor allem der älteren Probanden viel leichter auszuführen sei und auch nicht so sehr anstrenge.

Der bei der Bewegungsprüfung im Skischuh ermittelte TCW von 71,7° für den neutralen Stand entspricht den anatomischen Bedürfnissen. Die vorliegende leichte Dorsalextension sichert die Festigkeit des Gelenks. Diesem Ziele dient auch die Beschränkung der Bewegungsfähigkeit im Skischuh.

Die an der Untersuchungsgruppe ermittelten Werte weichen nicht wesentlich von denen ab, die experimentell am Leichenfuß gemessen wurden.
Die am Leichenfuß ermittelten Maximalwerte der Dorsalextension und Plantarflexion lassen sich aber nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse in vivo übertragen, da die Gelenkkapsel eröffnet werden mußte, um das obere Sprunggelenk frei bewegen zu können. Beim unpräparierten Fuß ist das Gelenk durch die Fixation versteift.

Die maximale Dorsalextension ist durch die Übereinanderlagerung von Tibia und Talus beschränkt.
Die maximale Plantarflexion kann nur soweit nachvollzogen werden, bis sich die Malleolenachse zur Talusoberfläche hin verschiebt.
Die Neutral-Null-Stellung kann in Grenzen vom Untersucher willkürlich festgelegt werden.

Auch unter Berücksichtigung der Fehlermöglichkeiten weichen die Werte nicht wesentlich von den Winkeln in vivo ab.

Die am Leichenfuß ausgeführten Kippstellungen werden kaum bei der Röntgendarstellung des Talocruralgelenks in vivo nachzuvollziehen sein. Da die Funktionsaufnahmen im Stand ausgeführt werden, dürften solch extreme Kippstellungen nicht in Erscheinung treten.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit bringt kurz die Anatomie und Funktion des oberen Sprunggelenkszur Darstellung. Daran schließt sich eine Beschreibung der Literatur an, die sich bisher mit der Bewegung im Talocruralgelenk beschäftigt hat. Ferner wird die übliche Röntgentechnik für Aufnahmen dieses Gelenkes vorgestellt.

An zwei Leichenfüßen wurde experimentell der TCW in verschiedenen Fußstellungen bestimmt. Es wurden Funktionsaufnahmen erstellt, die das Talocruralgelenk in Neutral-Null-Stellung, in maximaler Dorsalextension und maximaler Plantarflexion zeigen.

Bei 75 Personen unterschiedlicher Altersgruppen wurden Aufnahmen in denselben Fußstellungen ausgeführt. In die Röntgenaufnahmen wurde der TCW eingezeichnet und gemessen. Der durchschnittliche TCW in der Neutral-Null-Stellung beträgt 78,5°. Die durchschnittliche maximale Dorsalextension beträgt 54,3°. Bei maximaler Plantarflexion beträgt der TCW 115,8°. Die durchschnittliche Differenz der Maximalstellungen beträgt 61,2°.
Die ermittelten Werte wurden vor allem auf Unterschiede bezüglich Geschlecht und Alter der Probanden hin untersucht, wobei die weiblichen Probanden eine größere Bewegungsfähigkeit im Talocruralgelenk zeigten als die männlichen, ebenso die jüngeren gegenüber den älteren.

Weitere Ergebnisse wurden für den Bewegungsumfang im Skischuh bzw. bei Absatzerhöhung ermittelt.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

Benninghoff, A.
Goertler, K.
Lehrbuch der Anatomie des Menschen
Urban & Schwarzenberg, München/Berlin/Wien 1975

Bielenfeld, D.
Klin. und röntgenologische Befunde bei Fußgelenkverletzungen
Inaug. Dissertation, Köln 1961

Birkner, R.
Das typische Röntgenbild des Skeletts
Urban & Schwarzenberg, München/Wien/Baltimore 1977

Debrunner, H.U.
Meßmethoden
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1962

Debrunner, H.U.
Orthopädisches Diagnostikum
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1978

Eichler, J.
Inaktivitätsosteoporose
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1970

Fochem, K.
Klumair, J.
Atlas der röntgenologischen Meßmethoden
Maße und Winkel für den praktischen Gebrauch
Springer Verlag, Wien/New York 1975

Fürmaier, A.
Röntgen- u. Lab.-praxis 6 (1953): 81 und 110
Münch. med. Wschr. 1953

Grashey, R.
Birkner, R.
Atlas typischer Röntgenbilder vom Menschen
Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1954

Hafner, E.
Meuli
Röntgenuntersuchung in der Orthopädie
Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/Wien 1976

Josenhans, G.
Funktionsprüfungen und Befunddokumentation des Bewegungsapparates
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1978

Keats, Th.E.
Atlas der radiolog. Normvarianten
Enke Verlag, Stuttgart 1978

Lusted, L.B. Keats, Th.E.	Atlas of Roentgenographic Measurement Year Book Medical Publishers, Chicago 1972
Mátéfi, László	Die Motilität des Fußes Documenta Geigy, Basel 1971
Meschan, J.	Analyse der Röntgenbilder Enke Verlag, Stuttgart 1978
Rabl, C.R.H.	Orthopädie des Fußes Enke Verlag, Stuttgart 1975
Rauber, A. Kopsch, Fr.	Lehrbuch und Atlas der Anatomie G. Thieme Verlag, Stuttgart 1968
Riesz, E.	Die Untersuchung der Bewegungsorgane Methode und Ergebnisse Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1975
Rompe, G. Erlenkämper	Begutachtung der Haltungs- und Bewegungsorgane G. Thieme Verlag, Stuttgart 1978
Rosemeyer, B.	Immobilisationsosteoporose Enke Verlag, Stuttgart 1977
Russe, G. und Russe	Taschenbuch der Gelenkmessung mit Darstellung der Neutral-Null-Methode und SFTR-Notierung Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/Wien 1975
Thurn, P. Cocchi, U. Bücheler, E.	Einführung in die Röntgendiagnostik G. Thieme Verlag, Stuttgart 1971
Voss, H. Herrlinger, R.	Taschenbuch der Anatomie Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1974
Wicke, L.	Atlas der Röntgenanatomie Urban & Schwarzenberg, München 1977
Zimmer, E.A. Brossy, M.	Lehrbuch der röntgendiagnostischen Technik Springer Verlag, Berlin 1974

Dank an den Referenten

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Jürgen KRÄMER, Oberarzt der Orthopädischen Universitätsklinik Düsseldorf, für die Überlassung des Dissertationsthemas und für seine freundliche Unterstützung, seine Hilfe und seine Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit danken.

Ebenfalls möchte ich Herrn Prof. Dr. K.-P. SCHULITZ, Direktor der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf, dafür danken, daß ich an seinem Institut die Untersuchung durchführen durfte.

Mein Dank gilt auch den Angestellten der Röntgenabteilung der Orthopädischen Klinik, die mir bei den Röntgenaufnahmen halfen.

Mein besonderer Dank gilt aber auch den Damen und Herren, deren Bereitschaft zur Röntgenuntersuchung diese Arbeit erst ermöglicht hat.

LEBENSLAUF

Ich wurde am 3. Februar 1958 als Sohn des Reinhard Gudat und seiner Frau Anni, geb. Ponellis, in Heydekrug/Ostpreußen geboren.

Nach der Übersiedlung in die Bundesrepublik besuchte ich von 1964 bis 1967 die Volksschule am Regnit in Wesel - Obrighoven. Danach wechselte ich zum Gymnasium Wesel - Nord, wo ich im Juni 1976 mein Abitur ablegte.

Im Oktober des gleichen Jahres begann ich das Studium der Medizin an der Universität Düsseldorf und legte im August 1978 die Ärztliche Vorprüfung ab. Im August 1979 bestand ich nach zwei klinischen Semestern den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung. Ich studiere heute im 3. klinischen Semester an der Universität Düsseldorf.

FOTODRUCK J. MAINZ — Telefon: (02 41) 2 73 05
Neupforte 13, Nähe Markt, 5100 Aachen